

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-307097
(43)Date of publication of application : 28.11.1997

(51)Int.CI. H01L 29/43
H01L 21/28
H01L 21/338
H01L 29/812

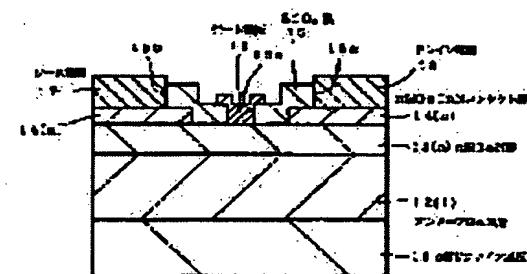
(21)Application number : 08-146563 (71)Applicant : SONY CORP
(22)Date of filing : 16.05.1996 (72)Inventor : KAWAI HIROHARU

(54) SEMICONDUCTOR DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To effectively bring electrodes into contact with a GaN layer with low contact resistance.

SOLUTION: In a GaN MESFET, the source electrode 17 and the drain electrode 18 are provided on an n-type GaN layer 13 as a channel layer through an n-type GaInN contact layer 14, and it is brought into ohmic-contact with the n-type GaInN contact layer 14. The n-type GaInN contact layer 14 is selectively grown on the n-type GaN layer 13 by means of a MOCVD method.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 23.01.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3449116

[Date of registration] 11.07.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-307097

(43) 公開日 平成9年(1997)11月28日

| (51) Int. Cl. | 識別記号 | 庁内整理番号 | F I | 技術表示箇所 |
|---------------|------|---------|------------|--------|
| H01L 29/43 | | | H01L 29/46 | H |
| 21/28 | 301 | | 21/28 | 301 |
| 21/338 | | 9447-4M | 29/80 | F |
| 29/812 | | | | |

審査請求 未請求 請求項の数 7 FD (全7頁)

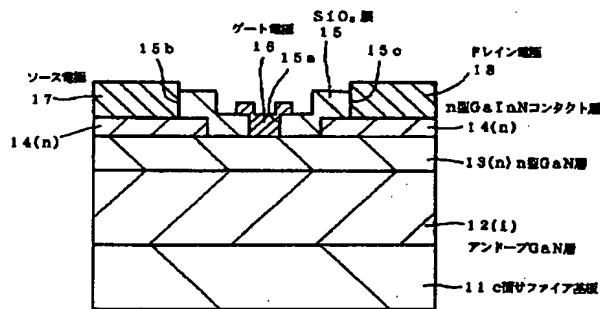
| | | | |
|-----------|-----------------|----------|-------------------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願平8-146563 | (71) 出願人 | 000002185 ソニー株式会社 東京都品川区北品川6丁目7番35号 |
| (22) 出願日 | 平成8年(1996)5月16日 | (72) 発明者 | 河合 弘治 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ ー株式会社内 |
| | | (74) 代理人 | 弁理士 杉浦 正知 |

(54) 【発明の名称】半導体装置

(57) 【要約】

【課題】 実効的にGaN層に対して電極を低接触抵抗でオーム接觸させる。

【解決手段】 GaN MESFETにおいて、チャネル層としてのn型GaN層13上にn型GaNNコンタクト層14を介してソース電極17およびドレイン電極18を設け、n型GaNNコンタクト層14にオーム接觸させる。n型GaNNコンタクト層14は、MOCVD法によりn型GaN層13上に選択成長させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 G a N層と、
上記G a N層上の、上記G a N層と電気的に接続された電極とを有する半導体装置において、
上記G a N層と上記電極との間に、少なくともG a、 I nおよびNを含む半導体層が設けられ、
上記半導体層に上記電極がオーミック接觸していることを特徴とする半導体装置。

【請求項2】 上記G a N層はn型であることを特徴とする請求項1記載の半導体装置。

【請求項3】 上記半導体層は上記G a N層上に選択的に成長されたものであることを特徴とする請求項1記載の半導体装置。

【請求項4】 上記半導体層はn型であることを特徴とする請求項1記載の半導体装置。

【請求項5】 上記半導体層はG a I n N層であることを特徴とする請求項1記載の半導体装置。

【請求項6】 上記G a N層のキャリア濃度は(1～5)×10¹⁷ cm⁻³であることを特徴とする請求項2記載の半導体装置。

【請求項7】 上記電極は電界効果トランジスタのソース電極またはドレイン電極であることを特徴とする請求項1記載の半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、半導体装置に関し、特に、G a Nを用いた半導体装置に適用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】 G a Nはその禁制帯幅が3. 4 e Vと大きく、間接遷移伝導帯はさらにその上1. 5 e V以上のところにあると考えられている。また、G a Nの飽和速度は約2. 5×10⁷ cm/sでS i、G a A sおよびS i Cより大きく、破壊電場は約5×10⁶ V/cmで、S iやG a A sより一桁以上大きく、S i Cより大きい。このような理由により、G a Nは、高周波、高温、大電力用半導体素子の材料として大きな可能性を有することが予想されてきた。そして、近年、試作例も見られるようになってきた(例えば、Appl. Phys. Lett., 62(15), 1786(1993) およびAppl. Phys. Lett., 65(9), 11 21(1994))。

【0003】 図10および図11は従来のG a Nトランジスタを示す。これらのG a Nトランジスタは、G a A sトランジスタにおいて用いられているM E S (Metal-Semiconductor)構造をそのまま適用した電界効果トランジスタ(F E T)である。

【0004】 図10に示す従来のG a Nトランジスタにおいては、c面サファイア基板101上にアンドープG a N層102およびチャネル層としてのn型G a N層103が順次積層され、n型G a N層103上にゲート電

極104、ソース電極105およびドレイン電極106が設けられている。ここで、ゲート電極104はn型G a N層103とショットキ接觸し、ソース電極105およびドレイン電極106はn型G a N層103とオーミック接觸している。

【0005】 図11に示す従来のG a Nトランジスタにおいては、c面サファイア基板201上にチャネル層としてのn型G a N層202および電子供給層としてのn型A 1 G a N層203が順次積層されている。n型A 1 G a N層203は所定形状にパターニングされている。そして、このn型A 1 G a N層203上にゲート電極204が設けられているとともに、このn型A 1 G a N層203の両側壁にそれぞれ接觸するようソース電極205およびドレイン電極206がn型G a N層202上に設けられている。ここで、ゲート電極204はn型A 1 G a N層203とショットキ接觸し、ソース電極205およびドレイン電極206はn型G a N層202およびn型A 1 G a N層203とオーミック接觸している。このG a Nトランジスタは、いわゆる高電子移動度トランジスタ(High Electron Mobility Transistor, H E M T)と類似の構造を有するが、ドーピングされた層であるn型A 1 G a N層202をチャネル層に用いていることが通常のHEMTと異なる。

【0006】 ところで、通常のG a A sトランジスタにおいては、ソース電極およびドレイン電極のオーミック接觸性を高めるために、S iのイオン注入法および活性化アニール法を用いてソース領域およびドレイン領域のキャリア濃度を2×10¹⁸ cm⁻³以上に高めている。これにより、ソース電極およびドレイン電極の接觸抵抗は10⁻⁶～10⁻⁵ Ω cm²台と低くなり、実用的な高周波トランジスタを得ることができる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 G a Nトランジスタにおいても、G a A sトランジスタと同様にイオン注入法による高濃度不純物ドーピングがなされれば、上述したG a Nの特徴が発揮され、高性能、高速、大電力素子が実現されるものと考えられる。しかしながら、イオン注入法によりG a Nに不純物をドーピングした場合には高濃度のキャリアが生成されにくいことが報告されている(例えば、Appl. Phys. Lett., 67(10), 1435(1995))。また、もしG a Nにおいても、G a A s系材料のように金属との間で合金反応が容易に生じるならば、不純物ドーピングされた金属との熱的合金化により低抵抗なオーミック接觸が得られるはずであるが、G a Nとの熱的合金化は未だ実現されていないのが現状である。

【0008】 以上のことにより、ソース電極およびドレイン電極の比較的大きな接觸抵抗により、G a Nを用いた素子本来の性能を発揮することができなかった。

【0009】 したがって、この発明の目的は、G a N層上に電極をオーミック接觸させる場合に、その電極の接

触抵抗を十分に低くすることができる半導体装置を提供することにある。

[0010]

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するためには、この発明は、GaN層と、GaN層上の、GaN層と電気的に接続された電極とを有する半導体装置において、GaN層と電極との間に、少なくともGa、InおよびNを含む半導体層が設けられ、半導体層に電極がオーム接觸していることを特徴とするものである。

【0011】この発明において、GaN層および半導体層は、典型的にはいずれもn型である。ここで、n型GaN層のキャリア濃度は、例えば $(1 \sim 5) \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ である。また、半導体層の具体例をいくつか挙げると、GaNN層、AlGaN層、BGaInN層などである。この半導体層は、典型的にはGaN層上に選択的に成長されたものである。

【0012】この発明において、電極は、典型的には、電界効果トランジスタのソース電極またはドレイン電極である。

【0013】上述のように構成されたこの発明による半導体装置においては、GaN層と電極との間に設けられている、少なくともGa、InおよびNを含む半導体層の禁制帯幅はGaNの禁制帯幅に比べて十分に小さい（例えば、InNの禁制帯幅は最低で1.9eVである）ことなどにより、この半導体層は、キャリア濃度を十分に高くすることができるとともに、表面準位はGaNより伝導帯に近いところにある。事実、GaInNは、アンドープでも $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上の高いキャリア濃度が得られることがあることが報告されている（Appl. Phys. Lett., 59(18), 2251(1991)）。

【0014】以上のことより、少なくともG a、InおよびNを含む半導体層を介した低ショットキ障壁を通じたトンネル電流により、実効的にGaN層に対する電極の低接触抵抗のオーム接觸を実現することができる。

[0015]

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0016】以下の実施形態においては、c面サファイア基板上にGaN、AlGaN、GaNなどの中性化物系III-V族化合物半導体からなる層を積層した構造を用いるが、まず、これらの中性化物系III-V族化合物半導体を有機金属化学気相成長(MOCVD)法により成長させる一般的な方法について説明する。

【0017】この窒化物系ⅢⅠ-V族化合物半導体の成長の際の原料ガスとしては、Ga原料としてトリメチルガリウム(TMГ)、Al原料としてトリメチルアルミニウム(TMA)、In原料としてトリメチルインジウム(TMIn)、N原料としてアンモニア(NH₃)

H₃）、n型不純物のドーパントガスとしてシラン（S 50

$i\text{H}_4$)を用いる。そして、よく知られているように、まず、c面サファイア基板上に低温でAlNまたはGaNからなるバッファ層を成長させた後、 NH_3 ガスを流しながら成長温度を1000°C前後に上昇させ、バッファ層上にGaN、AlGaNなどを成長させる。ここで、GaNなどのInを含む窒化物系III-V族化合物半導体を成長させる場合には、成長温度を700~800°Cに下げ、雰囲気ガスは窒素(N_2)とするとも、よく知られている。

10 【0018】次に、n型GaN層に対するTi/AI電極の接触抵抗の測定結果について説明する。

【0019】図1はこの接触抵抗測定用試料の平面図、図2は図1のI—I—I—I線に沿っての断面図である。

【0020】図1および図2に示すように、この接触抵抗測定試料においては、c面サファイア基板1上にA1NまたはGaNからなる低温成長によるバッファ層(図示せず)を介してn型GaN層2が積層され、このn型GaN層2上にTi/A1電極3が設けられている。ここで、n型GaN層2の厚さは3μm、キャリア濃度(電子濃度)は 10^{19} cm⁻³である。また、Ti/A1電極3は、円形の第1の電極部3aが第2の電極部3bにより所定の間隔をもって取り囲まれている構造を有する。ここで、第1の電極部3aの直径は200μmとし、第1の電極部3aと第2の電極部3bとの間隔は1μmから10μmの範囲内で4水準に変化させた。

【0021】なお、このような構造の接触抵抗測定用試料を用いたのは、GaNはウエットエッチングが困難であるので、被測定部以外の部分を除去する必要がない構造を用いるのが好ましいからである。

30 【0022】この接触抵抗測定用試料は次のようにして作製した。すなわち、c面サファイア基板1上にAlNまたはGaNからなるバッファ層(図示せず)を介してn型GaN層2を成長させた後、n型GaN層2上に通常のリフトオフ法によりTi/Al電極3を形成する。

【0023】この接触抵抗測定用試料の作製直後 (as-d_{epo} 状態) の T_i / A_1 電極 3 の接触抵抗を測定したところ、 $0.5 \Omega \text{ cm}^2$ であった。また、この接触抵抗測定用試料を N_2 ガス雰囲気中において 800°C 、10秒の条件で熱処理した後に接触抵抗を測定したところ、
40 $1.5 \times 10^{-5} \Omega \text{ cm}^2$ まで低下した。

【0024】次に、n型GaN層2のキャリア濃度が 10^{17} cm^{-3} であることを除いて上述と同様な構造を有する接触抵抗測定用試料を作製し、上述と同様な熱処理を行った後にTi/A1電極3の接触抵抗を測定したところ、 $1.5 \times 10^{-4}\Omega\text{ cm}^2$ であった。一般に、FETのチャネル層のキャリア濃度は $(1 \sim 5) \times 10^{17}\text{ cm}^{-3}$ であるが、この程度のキャリア濃度のときには上述のようにTi/A1電極3の接触抵抗は $10^{-4}\Omega\text{ cm}^2$ 台と大きいため、このTi/A1電極3をソース電極およびドレイン電極として用いたFETの性能は低下する。

【0025】なお、上述のように熱処理によりTi/A1電極3の接触抵抗が小さくなるのは、Ti/A1電極3とn型GaN層2との合金化が進んでいるためではなく、熱処理によりTi/A1電極3とn型GaN層2との間の絶縁層または空間層がなくなり、本来のショットキ障壁が生じたためである。

【0026】次に、アンドープGaNN層に対するTi/A1電極の接触抵抗の測定結果について説明する。

【0027】この接触抵抗測定用試料の平面図は図1に示すと同様であるが、図1のI—I—I—I線に沿っての断面図は図3に示すようになっている。

【0028】図1および図3に示すように、この接触抵抗測定用試料においては、c面サファイア基板1上にAlNまたはGaNからなる低温成長によるバッファ層(図示せず)を介してアンドープGaN層4およびアンドープGaNN層5が順次積層され、アンドープGaNN層5上にTi/A1電極3が設けられている。ここで、アンドープGaN層4の厚さは2μmである。また、アンドープGaNN層5の厚さは0.3μmである。このアンドープGaNN層5は、アンドープであるが、キャリア濃度は約 $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ であった。また、X線回折による測定の結果、このアンドープGaNN層5のIn組成比は0.13であった。Ti/A1電極3の構造は上述の接触抵抗測定用試料と同様である。

【0029】この接触抵抗測定用試料は次のようにして作製した。すなわち、c面サファイア基板1上にAlNまたはGaNからなるバッファ層(図示せず)を介してアンドープGaN層4およびアンドープGaNN層5を順次成長させた後、アンドープGaNN層5上に通常のリフトオフ法によりTi/A1電極3を形成する。

【0030】この接触抵抗測定用試料の作製直後のTi/A1電極3の接触抵抗を測定したところ、0.2Ωcm²と高かったが、この接触抵抗測定用試料をN₂ガス雰囲気中において800℃、10秒の条件で熱処理した後に接触抵抗を測定したところ、 $2 \times 10^{-6} \Omega \text{ cm}^2$ まで低下した。これより、アンドープGaNN層5のキャリア濃度が上述のように約 $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ と低いにもかかわらず、小さな接触抵抗が得られることがわかる。これは、GaNのGaをInにより一部置換したアンドープGaNN層5はGaNに比べてショットキ障壁が低くなり、電流が流れやすくなつたためと考えられる。この接触抵抗の低下がショットキ障壁の低下によるとすると、In組成比の増加によりさらなる接触抵抗の低下が期待される。

【0031】次に、この発明の第1の実施形態によるGaN MESFETについて説明する。図4はこの第1の実施形態によるGaN MESFETを示し、図5はこのGaN MESFETのエネルギー・バンド図を示す。なお、図5において、E_fはフェルミ準位、E_hは

伝導帶の下端のエネルギー、E_hは価電子帶の頂上のエネルギーを示す(以下同様)。

【0032】図4に示すように、この第1の実施形態によるGaN MESFETにおいては、c面サファイア基板1上に、AlNまたはGaNからなる低温成長によるバッファ層(図示せず)を介して、アンドープGaN層12およびチャネル層としてのn型GaN層13が順次積層されている。アンドープGaN層12の厚さは例えば2μmである。また、n型GaN層13の厚さは例えば160nm、キャリア濃度は例えば $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ である。ソース電極およびドレイン電極形成部におけるn型GaN層13上には、所定形状のSiドープn型GaNNコンタクト層14が、n型GaN層13に接触してそれぞれ設けられている。このn型GaNNコンタクト層14の厚さは例えば200nm、In組成比は例えば0.13、キャリア濃度は例えば $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ である。これらのn型GaNNコンタクト層14の間のチャネル部におけるn型GaN層13およびこれらのn型GaNNコンタクト層14を覆うようにSiO₂膜15が設けられている。このSiO₂膜15の厚さは例えば200nmである。これらのn型GaNNコンタクト層14の間の部分におけるSiO₂膜15には開口15aが設けられ、この開口15aを通じてn型GaN層13上に例えばTi/W構造のゲート電極16が、このn型GaN層13とショットキ接触して設けられている。また、n型GaNNコンタクト層14の上側の部分におけるSiO₂膜15には開口15b、15cがそれぞれ設けられ、これらの開口15b、15cを通じてn型GaNNコンタクト層14上に例えばTi/A1構造のソース電極17およびドレイン電極18がn型GaNNコンタクト層14とオーミック接触してそれぞれ設けられている。

【0033】次に、上述のように構成されたこの第1の実施形態によるGaN MESFETの製造方法について説明する。

【0034】図4に示すように、まず、c面サファイア基板1上にAlNまたはGaNからなるバッファ層を介してアンドープGaN層12およびn型GaN層13を順次成長させる。

【0035】次に、CVD法によりn型GaN層13の全面にSiO₂膜(図示せず)を形成した後、リソグラフィーおよびエッチングによりこのSiO₂膜をパターニングしてチャネル部上にのみこのSiO₂膜を残す。

【0036】次に、このようにしてパターニングされたSiO₂膜を成長マスクとして用いて、このSiO₂膜により覆われていない部分のn型GaN層13上にn型GaNNコンタクト層14を選択的に成長させる。

【0037】次に、このSiO₂膜をエッチング除去した後、CVD法により再度全面にSiO₂膜15を形成した後、リソグラフィーおよびエッチングによりこのS

アンドープGaN層21が設けられている。この場合、このアンドープGaN層21がチャネル層として用いられる。このアンドープGaN層21の厚さは例えば15nmである。その他のことは、第2の実施形態によるAlGaN/GaN HEMTと同様であるので、説明を省略する。

【0053】この第3の実施形態によるAlGaN/GaN HEMTの製造方法は、第2の実施形態によるAlGaN/GaN HEMTの製造方法と同様であるので、説明を省略する。

【0054】この第3の実施形態によれば、GaNの移動度はGaNの移動度よりも大きいので、第2の実施形態によるAlGaN/GaN HEMTと比べてさらに高速の高性能のAlGaN/GaN HEMTを実現することができる。

【0055】以上、この発明の実施形態について具体的に説明したが、この発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、この発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。

【0056】例えば、上述の実施形態において挙げた数値はあくまでも例に過ぎず、必要に応じてこれと異なる数値を用いてもよい。具体的には、上述の第1の実施形態においては、n型GaNコンタクト層14の厚さを200nmとしているが、このn型GaNコンタクト層14の厚さはこれより小さくてもよく、例えば10nm程度であってもよい。また、上述の第1の実施形態においては、n型GaNコンタクト層14のIn組成比を0.13としているが、これと異なる値のIn組成比を用いてもよい。なお、In組成比が大きいほど、このn型GaNコンタクト層14とn型GaN層12との間のショットキ障壁の高さは低くなる。

【0057】

【発明の効果】以上説明したように、この発明による半導体装置によれば、GaN層と電極との間に、少なくともGaNおよびInを含む半導体層が設けられ、半導

体層に電極がオーミック接触していることにより、実効的にGaN層に対して電極を低接触抵抗でオーミック接触させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】n型GaN層に対するTi/A1電極の接触抵抗の測定に用いた試料を示す平面図である。

【図2】図1のIII-III線に沿っての断面図である。

【図3】アンドープGaN層に対するTi/A1電極の接触抵抗の測定に用いた試料を示す断面図である。

【図4】この発明の第1の実施形態によるGaN MSETを示す断面図である。

【図5】この発明の第1の実施形態によるGaN MSETのエネルギーバンド図である。

【図6】この発明の第2の実施形態によるAlGaN/GaN HEMTを示す断面図である。

【図7】この発明の第2の実施形態によるAlGaN/GaN HEMTのエネルギーバンド図である。

【図8】この発明の第3の実施形態によるAlGaN/GaN HEMTを示す断面図である。

【図9】この発明の第3の実施形態によるAlGaN/GaN HEMTのエネルギーバンド図である。

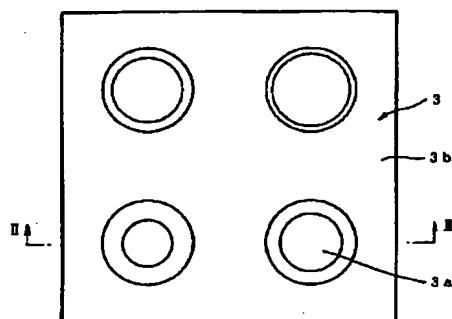
【図10】従来のGaNトランジスタを示す断面図である。

【図11】他の従来のGaNトランジスタを示す断面図である。

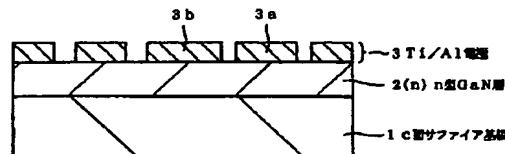
【符号の説明】

1、11...c面サファイア基板、2、13...n型GaN層、3...Ti/A1電極、4、12...アンドープGaN層、5...アンドープGaN層、14...n型GaNコンタクト層、15...SiO₂膜、16...ゲート電極、17...ソース電極、18...ドレイン電極、19...n型AlGaN層、20...アンドープAlGaN層、21...アンドープGaN層

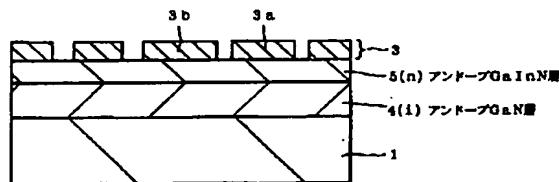
【図1】



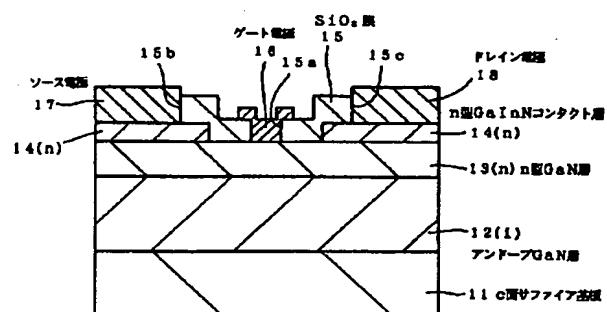
【図2】



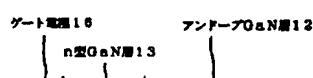
【図 3】



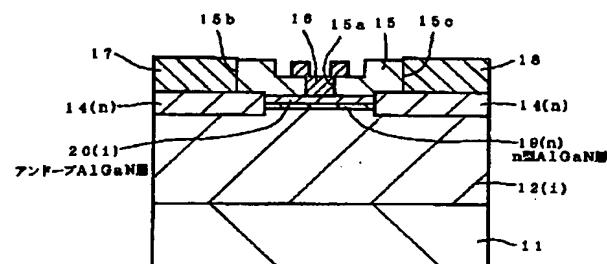
【図 4】



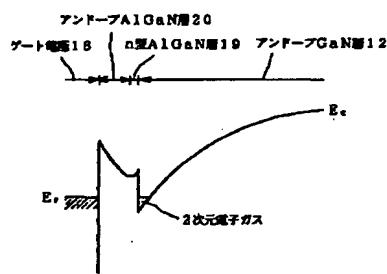
【図 5】



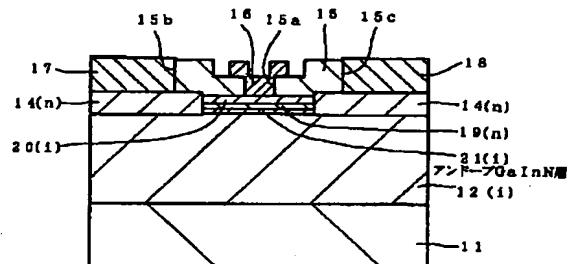
【図 6】



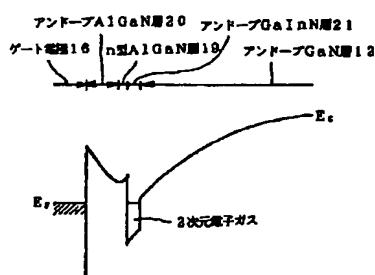
【図 7】



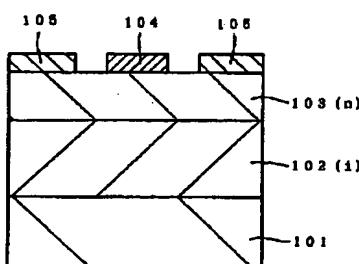
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【図 11】

